Sisteme de Prelucrare Grafică

Curs nr. 10

Cap. 5. Texturarea

Texturile se folosesc pentru a defini detaliile suprafeţelor obiectelor. Prin texturare se modulează (se modifică controlat) anumiţi parametri ai unui obiect, obţinându-se un efect asemănător aplicaţiei (lipirii) unui desen pe o suprafaţă.

Parametrii care se pot modula, pentru aplicarea unei texturi, sunt:

a) *culoarea suprafeţei*: - aceasta se înlocuieşte cu culoarea punctelor corespunzătoare din imaginea textură;
b) *coeficienţii de reflexie difuză sau specular*ă: - această metodă caracterizează procedeul mapării (aplicării) contextului (mediului) pe suprafaţa unor obiecte (environment mapping);
c) *direcţia normalei la suprafaţa obiectului* (bump-mapping);
d) *transparenţa suprafeţei*.

Texturile pot fi: unidimensionale (folosite la texturarea în benzi), bidimensionale, tridimensionale.

5.1. Aplicarea texturilor prin modularea culorii suprafeţelor

În momentul actual metoda cea mai răspândită este cea de modulare a culorii suprafeţei, folosind imagini de texturi. Pentru texturarea obiectelor prin modularea culorii suprafeţelor trebuie să se definească următorii parametri:

- imaginea texturii aplicate;
- modul de aplicare a texturii pe suprafaţa obiectului;
- modul de diminuare a efectelor de aliasing (asperităţi) care apar în aplicarea texturilor (filtrarea texturilor).

5.1.1. Aplicarea texturilor bidimensionale pe suprafeţe descrise parametric

Textura bidimensională este o imagine definită într-un spaţiu bidimensional (numit *spaţiul texturii*) $T(s,t)$, în intervalul [0,1] pe ambele axe de coordonate. Textura este alcătuită din elemente discrete care sunt dreptunghiuri (sau pătrate) numite *texeli* (fig. 5.1).

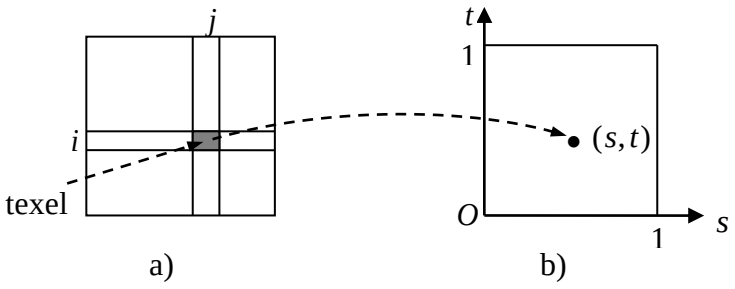


Fig. 5.1 a) imaginea texturii; b) spaţiul texturii

Fiecare imagine de textură este definită prin rezoluţia ei, dată ca numărul de texeli pe cele două coordonate. De exemplu, se folosesc imagini de textură de texeli, , etc.

Aplicarea unei texturi bidimensionale pe suprafaţa unui obiect descris parametric este un proces care se desfăşoară în două etape (fig. 5.2):

1) prima etapă numită şi *transformarea de parametrizare* a suprafeţelor, realizează punerea în corespondenţă a unui punct de pe suprafaţa obiectului cu un punct din spaţiul texturii;
2) a doua etapă constă în vizualizarea propriu-zisă a suprafeţei obiectului.

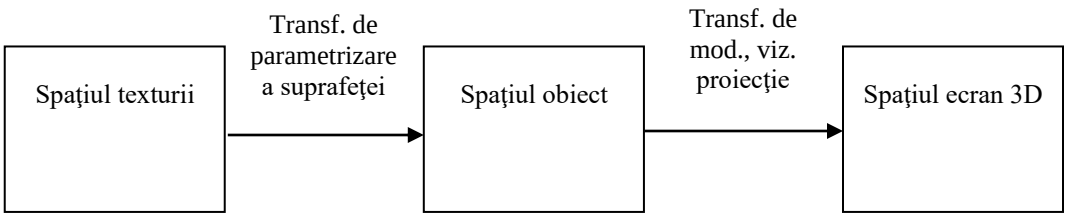


Fig. 5.2 Aplicarea texturilor bidimensionale pe obiecte descrise parametric

Metode de mapare (de aplicare) a texturilor

a) Maparea directă

O suprafaţă 3D admite o descriere parametrică de forma:

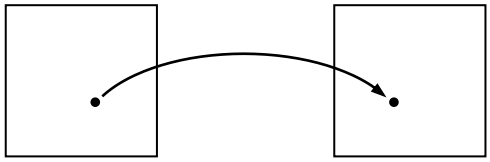
, (5.1)

unde sunt coordonatele parametrice ale punctului al suprafeţei, coordonate care satisfac condiţiile:

, . (5.2)

Domeniul poate fi pus în corespondenţă cu domeniul din spaţiul texturii printr-o transformare de forma (fig. 5.3):

. (5.3)



spaţiul texturii spaţiul obiect

Fig. 5.3 Corespondenţa spaţiul texturii - spaţiul obiect parametrizat

Prin înlocuirea relaţiilor (5.3) în (5.1) se obţine:

, , . (5.4)

Din relaţiile (5.4) rezultă că prin parametrizarea suprafeţelor se asociază un punct de coordonate din spaţiul texturii fiecărui punct al obiectului de modelat (reprezentat în sistemul de referinţă de modelare). Aceste relaţii definesc *metoda mapării directe*. Metoda mapării directe nu este eficientă deoarece nu neapărat toţi pixelii imaginii vor fi afişaţi.

b) Maparea inversă

Prin această metodă se generează proiecţia imaginii (pixel cu pixel) şi pentru fiecare pixel se calculează texelul corespunzător (fig. 5.4). Maparea inversă este mai eficientă decât maparea directă deoarece se face corespondenţa între spaţiul obiect şi spaţiul texturii numai pentru suprafeţele afişate.

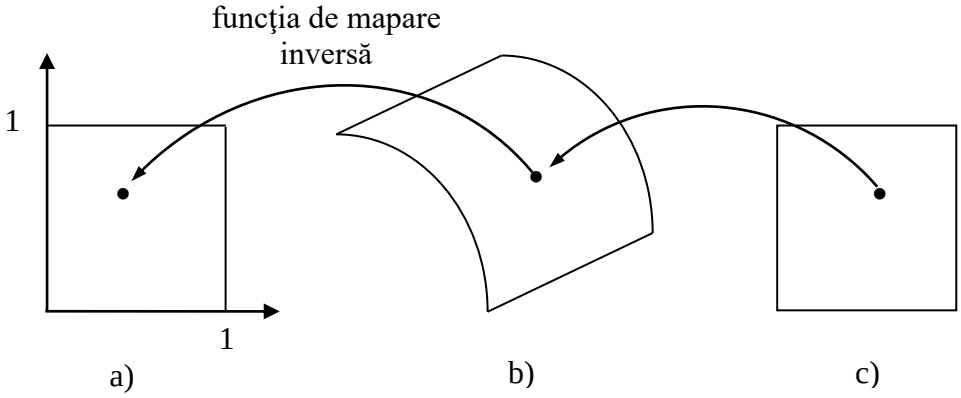


Fig. 5.4 Maparea inversă: a) spaţiul texturii; b) spaţiul obiect; c) spaţiul ecran 3D

Funcţii de mapare standard

1) Maparea pe o suprafaţă plană

În cazul aplicării unei texturi pe o suprafaţă plană a unui obiect (fig. 5.5) funcţiile pentru maparea directă sunt:

. (5.5)

Din relaţiile anterioare se deduc expresiile pentru *funcţiile de mapare inverse*:

, (5.6)

unde şi sunt factori de scalare.

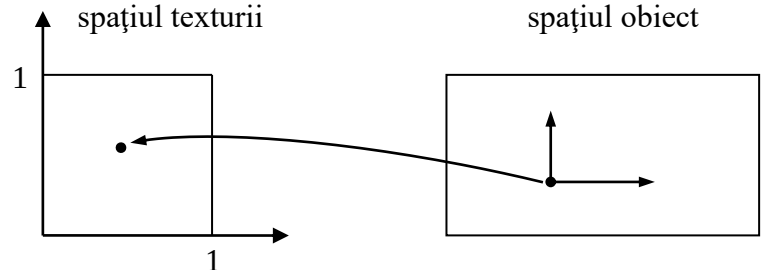


Fig. 5.5 Maparea inversă, cazul plan

2) Maparea pe o suprafaţă cilindrică

O suprafaţă cilindrică (fig. 5.6) poate fi descrisă parametric astfel:

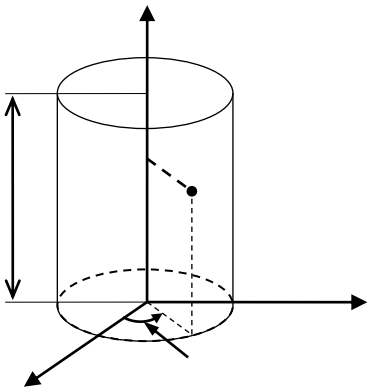


Fig. 5.6 Parametrizarea unei suprafeţe cilindrice

, , . (5.7)

Din relaţiile (5.7) rezultă:

. (5.8)

Maparea inversă pe o suprafaţă cilindrică este prezentată în figura 5.7.

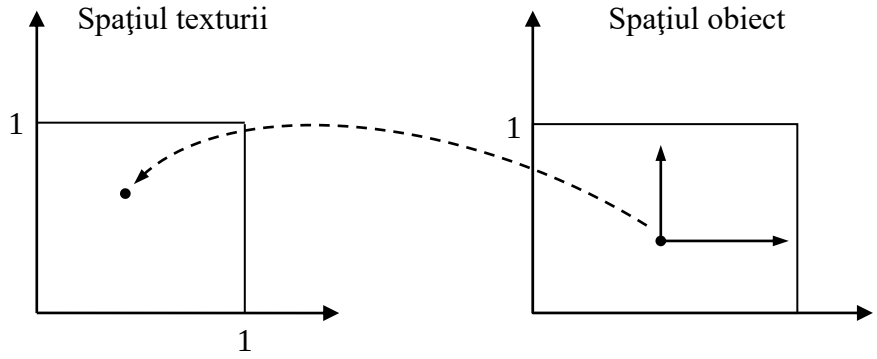


Fig. 5.7 Maparea inversă pe o suprafaţă cilindrică

Din figura 5.7, în cazul în care originea axelor în ambele sisteme este plasată în colţul stânga jos, se obţine:

,

şi deci

(5.9)

În cazul în care originea sistemelor nu este în colţul din stânga jos sau domeniile din spaţiul texturii şi spaţiul obiect nu sunt , respectiv (nu se aplică textura pe toată suprafaţa cilindrului sau se aplică numai o parte din textură pe o parte din suprafaţa cilindrului) relaţiile (5.9) devin (vezi relaţiile 5.3):

(5.10)

unde , respectiv , sunt factori de scalare. Relaţiile (5.10) constituie *funcţiile de mapare inversă pe o suprafaţă cilindrică*.

Exemplu. Considerăm că din spaţiul texturii aplicăm numai domeniul în domeniul de pe suprafaţa cilindrică (fig. 5.8).

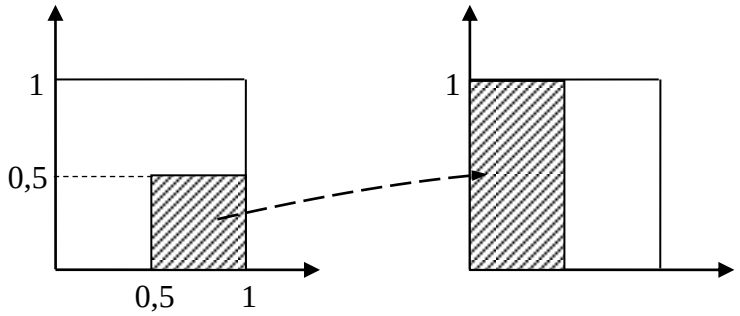


Fig. 5.8 Aplicarea unei părţi din textură pe o porţiune din suprafaţa cilindrului

Funcţiile de mapare inversă devin:

adică:

3) Maparea sferică

Suprafaţa unei sfere de rază poate fi parametrizată astfel (fig. 5.9):

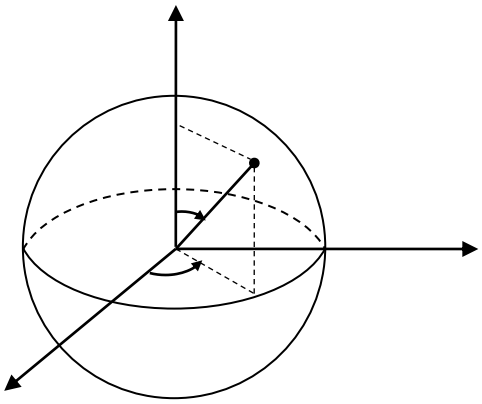


Fig. 5.9 Parametrizarea unei suprafeţe sferice

, , . (5.11)

În figura 5.10 este prezentată maparea inversă pe o suprafaţă sferică. Expresiile variabilelor şi se obţin din relaţiile (5.11):

, . (5.12)

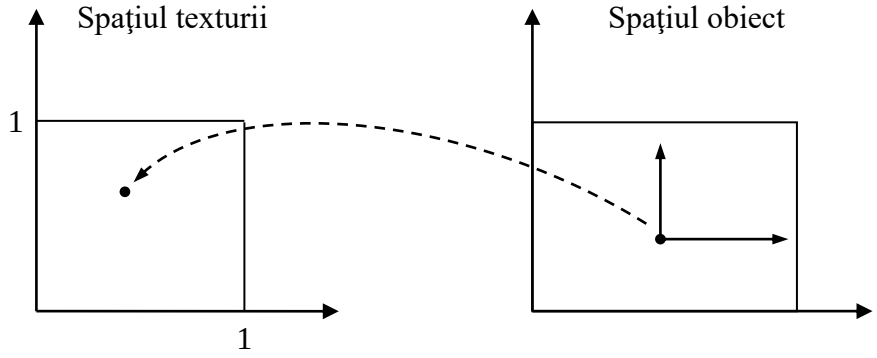


Fig. 5.10 Maparea inversă pe o suprafaţă sferică

Din figura 5.10 se observă că:

, . (5.13)

Deci, *funcţiile de mapare inversă*, în cazul în care textura se aplică pe toată suprafaţa sferei şi originile axelor din figura 5.10 sunt în stânga jos, au următoarele expresii:

(5.14)

În cazul în care originile axelor nu sunt în stânga jos sau numai o parte din textură se aplică pe o porţiune din suprafaţa sferei, relaţiile (5.14) devin (vezi şi relaţiile (5.3)):

(5.15)

unde , respectiv , sunt factori de scalare.

Observaţie: La poli (,) imaginea este distorsionată.

5.1.2 Aplicarea texturilor bidimensionale pe o reţea de poligoane

Aplicarea texturilor bidimensionale pe o reţea de poligoane ce modelează un obiect tridimensional este dificilă deoarece este foarte greu de obţinut o descriere parametrică. În acest caz Bier şi Sloan au dezvoltat o tehnică cunoscută sub numele de *aplicarea texturii în două etape* (*two-part texture mapping*). Metoda foloseşte o suprafaţă intermediară între suprafaţa texturii şi grila de poligoane (fig. 5.11).

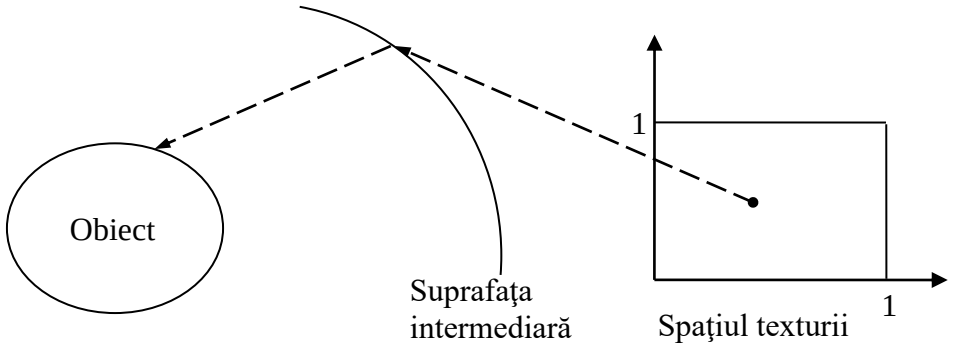


Fig. 5.11 Metoda aplicării texturii în două etape

Suprafaţa intermediară se alege astfel încât să fie o suprafaţă pentru care există deja funcţii de mapare (care este uşor de parametrizat). De obicei se alege un cilindru, o sferă sau un cub. Principiul metodei poate fi descris astfel:

a) În prima etapă se realizează aplicarea (maparea) de la spaţiul bidimensional al texturii, la spaţiul tridimensional al suprafeţei intermediare. Această aplicaţie se numeşte *aplicaţia* (*maparea*);

;

b) În a doua etapă se realizează aplicaţia de la textura tridimensională la suprafaţa obiectului numită *aplicaţia* (*maparea*).

.

Aplicaţia foloseşte ecuaţia parametrică a suprafeţei intermediare.

Atunci când se foloseşte o sferă ca suprafaţă intermediară, apare problema distorsiunii aplicaţiei din planul texturii pe suprafaţa sferei, distorsiune care creşte către polii sferei. Cubul folosit ca suprafaţă intermediară este echivalent topologic cu sfera. O suprafaţă plană se poate aplica pe un cub prin pliere, fără să apară distorsiuni, dar textura este decupată la limitele laturilor cubului.

Pentru realizarea aplicaţiei (maparea) se folosesc în special următoarele *patru* modalităţi de calcul a corespondenţei dintre punctele de pe suprafaţa intermediară şi punctele obiectului (fig. 5.12):

a) Punctul se află la intersecţia dintre dreapta ce uneşte centrul obiectului cu punctul ;
b) Intersecţia dintre obiect şi raza care porneşte din punctul de observare şi este reflectată de suprafaţa obiectului prin (*environment mapping*) determină punctul ;
c) Punctul este punctul de pe obiect a cărui normală trece prin punctul ;
d) Punctul este dat de intersecţia dintre obiect şi normala la suprafaţa intermediară în .

Algoritmul de aplicare a unei texturi pe o reţea poligonală este următorul:

FOR (fiecare pixel al reprezentării obiectului în spaţiul ecran) DO
- determină coordonatele punctului de pe suprafaţa obiectului ce corespund lui ;
- determină coordonatele punctului de pe suprafaţa intermediară;
- determină coordonatele texelului ;
- colorează pixelul cu culoarea lui T.

END

Asperităţile care apar în urma aplicării acestui algoritm pot fi reduse prelucrând separat cele patru vârfuri ale pixelului considerat de formă pătrată. În acest fel, în spaţiul texturii, se

obţine un patrulater numit *preimaginea pixelului*. Culoarea asociată pixelului se va obţine prin medierea culorilor texelilor interiori patrulaterului.

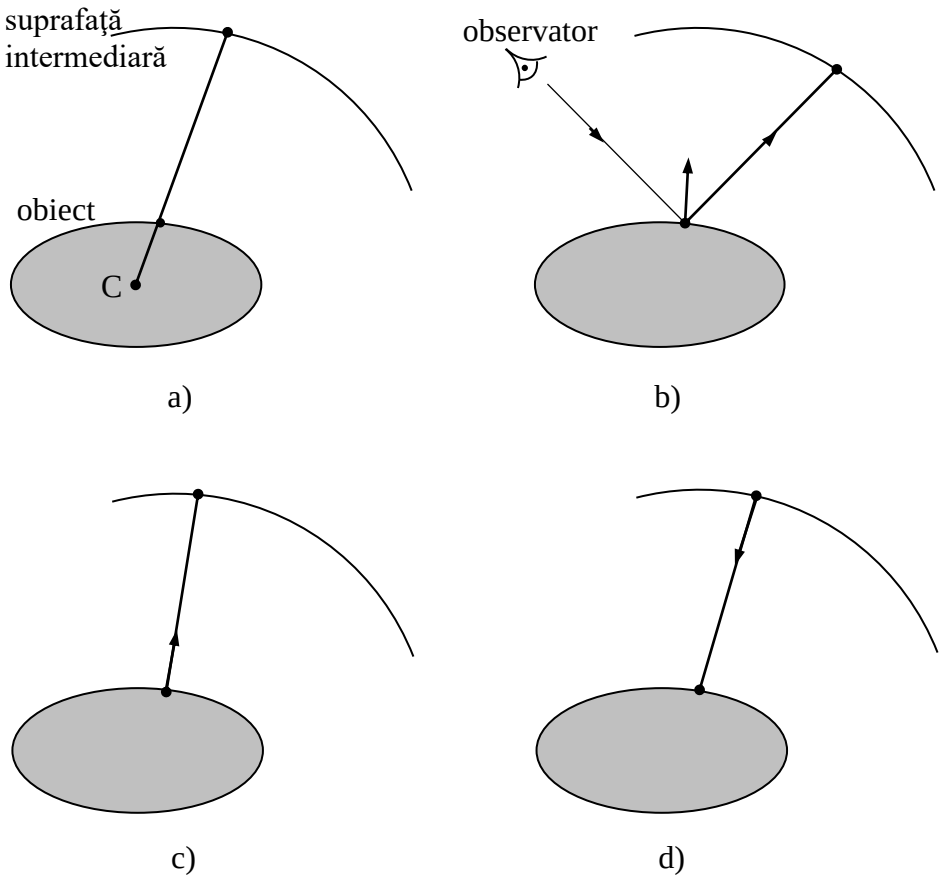


Fig. 5.12 Aplicaţii de la suprafaţa intermediară la obiect

Transformarea de texturare

Transformarea inversă aplicaţiei texturii (maparea inversă) se numeşte *transformare de texturare*. Aceasta se calculează pentru fiecare pixel din spaţiul ecran 3D şi cuprinde 3 etape:

1) - Transformarea inversă transformărilor de modelare-observare-proiecţie prin care se trece de la coordonatele vârfurilor fiecărui pixel din spaţiul ecran 3D, la coordonatele a patru puncte de pe suprafaţa obiectului (în spaţiul obiect):

.

2) - Transformarea inversă aplicaţiei (maparea inversă), prin care se calculează coordonatele punctelor de pe suprafaţa intermediară de texturare, corespunzătoare punctelor din spaţiul obiect. Dacă se consideră cele patru puncte (vârfuri) ale pixelului, se obţine

imaginea acestuia pe suprafaţa intermediară (spaţiul texturii tridimensionale). De exemplu, în cazul utilizării unui cilindru ca suprafaţă intermediară avem corespondenţa:

.

3) - Transformarea inversă aplicaţiei , (maparea inversă) prin care se calculează coordonatele ale punctelor din spaţiul texturii bidimensionale, corespunzătoare punctelor din spaţiul texturii tridimensionale. Pentru suprafaţa intermediară cilindru avem corespondenţa:

.

Transformarea de texturate este descrisă în figura 5.13:

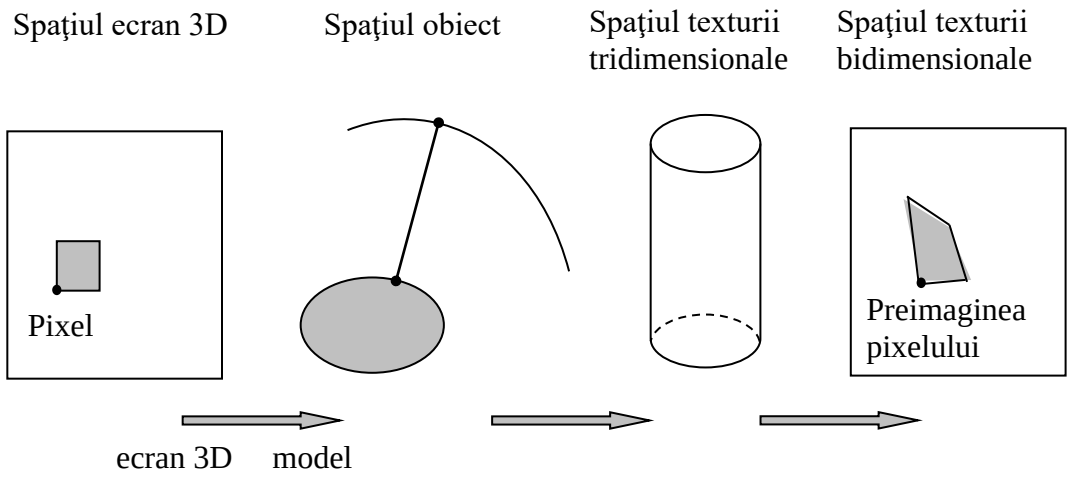


Fig. 5.13 Transformarea de texturare

Observaţii:

1) *Transformarea de parametrizare* (atribuirea coordonatelor de textură fiecărui vârf al unui obiect) se face în general în procesul de modelare a obiectelor, deci nu se impun cerinţe de execuţie în timp real.

2) *Transformarea de texturare* se efectuează în cursul generării interactive a imaginilor, prin urmare calculele trebuie să fie rapide ceea ce impune o implementare hardware a acesteia.